



Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

11

625 646

21 Numéro de la demande: 6331/79

⑦3 Titulaire(s):
Ebauches S.A., Neuchâtel

㉚ Date de dépôt: 06.07.1979

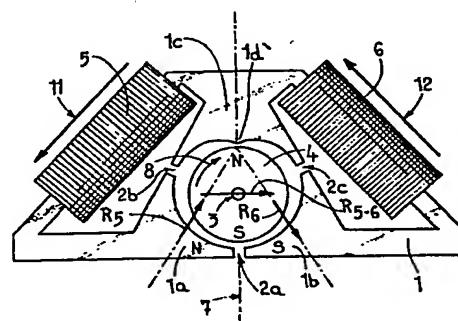
72 Inventeur(s):
Claude Laesser, La Chaux-de-Fonds
Roberto Zafferi, Lugano
Jean Depéry, Neuchâtel

②4 Brevet délivré le: 30.09.1981

74 Mandataire:
Jean S. Robert, Landecy-Genève

54. Moteur électromagnétique à deux sens de rotation.

57 L'armature (1) du stator a la forme d'un trapèze isocèle dont la base est interrompue en (2a) et présente trois épanouissements polaires (1a, 1b et 1c). Le rotor comprend un aimant permanent (4). Le stator comporte deux bobines (5 et 6) dont l'une est disposée entre les épanouissements polaires (1a et 1c) et l'autre entre ce dernier et l'épanouissement polaire (1b). Lorsque les bobines (5 et 6) sont parcourues par des courants, elles soumettent le rotor à des champs magnétiques dont les directions sont obliques et symétriques par rapport à un diamètre du rotor. Le sens des courants détermine le sens des champs. L'agencement est tel que l'on peut créer dans la zone du rotor un champ magnétique qui peut prendre quatre directions différentes selon le sens des courants circulant dans les bobines. En commutant judicieusement le sens de ces deux courants, on peut faire tourner ce champ dans un sens ou dans l'autre, ce qui entraîne le rotor dans l'un ou l'autre sens, mais toujours dans le même. Ainsi, le rotor tourne toujours dans le sens désiré, même s'il vient à manquer un pas ou à en faire un de trop.



REVENDICATIONS

1. Moteur électromagnétique à deux sens de rotation, comportant un rotor et un stator à deux bobines, caractérisé par le fait que ledit stator est agencé de manière à soumettre ledit rotor à deux champs magnétiques, respectivement créés par lesdites bobines, et dont les directions sont obliques et sensiblement symétriques par rapport à un diamètre du rotor.

2. Moteur suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit stator présente trois épanouissements polaires entourant ledit rotor, dont l'un est commun aux deux bobines et dont les deux autres sont respectivement dépendants de chacune desdites bobines.

3. Moteur suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que lesdits deux autres épanouissements polaires sont symétriques par rapport à un axe passant par le centre du rotor et coupant le stator en deux parties sensiblement égales.

4. Moteur suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que ledit épanouissement polaire commun possède une partie centrale proche du rotor qui détermine une position d'équilibre de celui-ci pour laquelle son champ magnétique propre est sensiblement dirigé selon ledit axe de symétrie.

5. Moteur suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit stator est formé de deux bobines-cadres à l'intérieur desquelles le rotor est disposé, l'axe de ce dernier étant situé dans le plan bissecteur des plans médians desdites bobines-cadres.

La présente invention a pour objet un moteur électromagnétique à deux sens de rotation, ce qui est connu en soi:

Le brevet français No 2 209 251, par exemple, décrit un moteur comportant deux bobines qui sont excitées à tour de rôle pour provoquer la rotation du rotor du moteur dans un sens ou dans l'autre, par pas de 180°. Chaque bobine doit être dimensionnée de manière à fournir, à elle seule, l'énergie nécessaire à cette rotation, c'est-à-dire que chaque bobine doit avoir le même volume que celle d'un moteur pas à pas classique à un seul sens de rotation.

Le brevet suisse No 616 302 décrit un moteur pas à pas à deux sens de rotation comportant une seule bobine, mais dont le rotor tourne de 360° par pas, ce qui est un inconvénient du point de vue mécanique car la démultiplication entre le moteur et les organes qu'il entraîne doit être importante.

Le brevet USA No 4 112 671 décrit un moteur pas à pas à deux sens de rotation comportant une seule bobine et dont le rotor ne tourne que de 180° par pas. Un circuit électronique commande la rotation dans un sens ou dans l'autre. Ce genre de moteur présente un défaut majeur en ce sens que, s'il vient accidentellement à sauter un pas ou à faire un pas de trop, son sens de rotation s'inverse.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en fournant un moteur électromagnétique à deux sens de rotation, dont le rotor tourne de 180° par pas, toujours dans le sens désiré, même après un pas manqué ou un pas de trop. Le moteur possède deux bobines excitées simultanément et non de façon alternée; ces bobines ont donc un volume total sensiblement égal au volume de la bobine unique d'un moteur à un seul sens de rotation.

Ce but est atteint grâce aux moyens revendiqués.

Le dessin représente, à titre d'exemple, deux formes d'exécution de l'objet de l'invention.

Les figs. 1 à 4 représentent schématiquement une première forme d'exécution d'un moteur dans les quatre configurations de son fonctionnement.

La fig. 5 est un diagramme des impulsions de courant dans les bobines du moteur des figs. 1 à 4.

La fig. 6 montre deux tableaux résumant le fonctionnement de ce moteur, et

La fig. 7 représente schématiquement une deuxième forme d'exécution d'un moteur.

Le moteur représenté aux figs. 1 à 4 comprend un stator 1 formé d'une pièce en matériau magnétique doux présentant la configuration générale d'un trapèze isocèle dont la base est interrompue en 2a. Les deux extrémités de cette pièce constituent chacune un épanouissement polaire dont l'un est désigné par 1a et l'autre par 1b, alors que la partie opposée à la fente 2a présente un épanouissement polaire 1c. Ces trois épanouissements polaires sont disposés, dans cet exemple, sensiblement à 120° les uns des autres, par rapport à un point 3 constituant le centre du rotor du moteur, désigné par 4, et définissent deux autres fentes, désignées par 2b et 2c. Le rotor 4 comprend un aimant permanent dont les pôles, diamétralement opposés, sont désignés par N et S. Les épanouissements polaires 1a, 1b et 1c occupent chacun un angle légèrement inférieur à 120° dans l'exemple décrit. Cependant les angles occupés par chacun des épanouissements polaires pourraient être notablement différents selon les caractéristiques recherchées pour le moteur, ses dimensions ou les matériaux choisis. De toute façon, les angles occupés par les deux épanouissements polaires 1a et 1b sont sensiblement égaux. Les épanouissements polaires 1a et 1b ont en outre une forme telle que l'entrefer qu'ils définissent avec le rotor 4 a une largeur variable, minimum au voisinage de la fente 2a et maximum au voisinage des fentes 2b et 2c. L'épanouissement polaire 1c a, lui, une forme telle que l'entrefer qu'il définit avec le rotor 4 est également variable, avec un minimum au milieu 1d de l'épanouissement polaire 1c et des maximums à proximité des fentes 2b et 2c. Le stator 1 possède, comme on le voit à la fig. 1, un axe de symétrie 7 passant par le milieu 1d de l'épanouissement 1c, par l'axe 3 du rotor 4 ainsi que par le milieu de la fente 2a.

Il faut noter que la forme particulière de l'épanouissement polaire 1c provoque, avec l'aimant du rotor 4, la formation d'un couple de positionnement. Ce dernier impose au rotor 4 deux positions d'équilibre, en l'absence de tout champ magnétique autre que celui de l'aimant lui-même, qui sont les deux positions où les pôles N et S de l'aimant se trouvent sur l'axe de symétrie 7.

Le stator 1 porte deux bobines 5 et 6 dont l'une est disposée entre les épanouissements polaires 1a et 1c et l'autre entre ce dernier, qui est ainsi commun aux deux bobines, et l'épanouissement polaire 1b. Lorsque les bobines 5 et 6 sont parcourues par des courants I₅ et I₆, elles soumettent le rotor 4 à des champs magnétiques R₅ et R₆, respectivement, dont les directions sont obliques et symétriques par rapport à un diamètre de ce dernier. Les directions de ces champs font avantageusement entre elles un angle de 60°. Le sens des courants I₅ et I₆ détermine le sens des champs R₅ et R₆.

Quatre cas peuvent se présenter:

1. Lorsque, comme représenté à la fig. 1, les courants I₅ et I₆ ont un sens (qui sera appelé par la suite sens positif) tel que, à l'intérieur de la bobine 5, le champ est dirigé de la zone de l'épanouissement polaire 1c vers la zone de l'épanouissement polaire 1a (flèche 11) et que, à l'intérieur de la bobine 6, le champ est dirigé de la zone de l'épanouissement polaire 1b vers la zone de l'épanouissement polaire 1c (flèche 12), ces courants créent à l'extérieur des bobines des champs R₅ et R₆, respectivement, dirigés de l'épanouissement 1a vers l'épanouissement 1c et de l'épanouissement 1c vers l'épanouissement 1b. Le sens de ces champs sera également appelé par la suite positif. Le champ résultant R₅₋₆ traverse la zone du rotor 4, en première approximation tout au moins, dans une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe de symétrie 7, et se dirige de l'épanouissement polaire 1a, qui joue le rôle d'un pôle nord (N), vers l'épanouissement polaire 1b qui joue le rôle d'un pôle sud (S).

2. Lorsque, comme représenté à la fig. 2, le courant I₅ a un sens inverse du sens défini ci-dessus, c'est-à-dire lorsqu'il est

négatif, le courant I_6 étant positif, les champs que ces courants créent dans les bobines sont dirigés respectivement suivant les flèches 15 et 16. Les champs R_5 et R_6 à l'extérieur des bobines sont donc respectivement dirigés de $1c$ vers $1a$ et de $1c$ vers $1b$. Le champ résultant R_{5-6} traverse alors la zone du rotor 4 dans une direction sensiblement parallèle à l'axe de symétrie 7 et se dirige de l'épanouissement polaire $1c$, qui joue le rôle d'un pôle nord (N), vers les épanouissements polaires $1a$ et $1b$ qui jouent ensemble le rôle d'un pôle sud (S).

3. Lorsque, comme représenté à la fig. 3, les courants I_5 et I_6 sont tous deux négatifs, créant donc des champs R_5 et R_6 qui vont dans le sens des flèches 9 et 10, le champ résultant R_{5-6} se dirige, perpendiculairement à l'axe de symétrie 7, de l'épanouissement polaire $1b$, jouant donc le rôle d'un pôle nord (N), vers l'épanouissement polaire $1c$ qui joue le rôle d'un pôle sud (S).

4. Lorsque, enfin, comme représenté à la fig. 4, le courant I_5 est positif et le courant I_6 négatif, créant ainsi des champs R_5 et R_6 dirigés suivant les flèches 13 et 14, le champ résultant R_{5-6} est parallèle à l'axe 7 et se dirige des épanouissements $1a$ et $1b$, qui jouent ensemble le rôle d'un pôle nord (N), vers l'épanouissement $1c$ qui joue le rôle d'un pôle sud (S).

On voit donc qu'on peut créer, dans la zone du rotor, un champ magnétique qui peut prendre quatre directions différentes, selon le sens des courants circulant dans les bobines 5 et 6. En commutant judicieusement le sens de ces deux courants, on peut faire tourner ce champ dans un sens ou dans l'autre, ce qui entraîne le rotor dans le même sens, comme on va le voir ci-après.

On admettra, pour commencer, que le rotor 4 est orienté comme indiqué à la fig. 1, c'est-à-dire avec son pôle nord à proximité de l'épanouissement polaire $1c$. Pour faire tourner le rotor 4 dans le sens de la flèche 8, qui sera désigné ci-après par sens positif, il suffit d'envoyer simultanément dans les deux bobines 5 et 6 des courants I_5 et I_6 positifs à l'aide d'un circuit électrique de commande approprié. Le champ résultant R_{5-6} agit alors sur l'aimant du rotor de manière que son pôle nord se rapproche de l'épanouissement polaire $1b$. Le couple ainsi créé fait tourner le rotor dans le sens positif, à condition bien sûr qu'il soit supérieur à la somme du couple de positionnement et du couple résistant exercé par les éléments mécaniques que le moteur doit actionner.

Lorsque le rotor 4 a tourné d'environ 90° et se trouve donc approximativement dans la position qu'il occupe à la fig. 2, le circuit de commande inverse le sens du courant I_5 , qui devient négatif, sans changer le sens du courant I_6 . Le champ R_{5-6} est donc alors dirigé comme indiqué sur la fig. 2, ce qui crée à nouveau un couple, de même sens que celui ci-dessus. Le rotor continue donc sa rotation, toujours dans le sens positif, jusqu'à ce qu'il occupe la position représentée à la fig. 3, c'est-à-dire la position où son pôle sud est à proximité de l'épanouissement polaire $1c$. Le rotor a ainsi effectué un premier pas de 180° et les courants I_5 et I_6 peuvent alors être interrompus.

Pour faire effectuer au rotor 4 un second pas de 180° , le circuit de commande envoie dans les bobines 5 et 6 des courants négatifs. Le champ résultant R_{5-6} a donc la direction représentée à la fig. 3 et crée ainsi, avec l'aimant du rotor 4, un couple qui fait tourner ce rotor à nouveau dans le sens positif.

Lorsque le rotor a tourné d'environ un demi-pas, le circuit de commande inverse le courant I_5 , qui devient positif, et le champ résultant R_{5-6} prend la direction représentée à la fig. 4. Le rotor 4 continue donc à tourner dans le sens positif et termine son second pas de 180° . Le circuit de commande interrompt alors les courants I_5 et I_6 . La succession de ces courants est illustrée par la fig. 5a.

Pour faire tourner le rotor dans le sens inverse, dit négatif, à partir de la position qu'il a à la fig. 1, le circuit de commande envoie dans les deux bobines 5 et 6 des courants négatifs. Le champ R_{5-6} prend donc le sens qu'il a à la fig. 3 et le rotor fait un

premier demi-pas de 90° dans le sens négatif. A ce moment, le rotor se trouve dans la position illustrée à la fig. 4 et le circuit de commande inverse le sens du courant I_6 , qui devient positif. Le champ R_{5-6} est alors dirigé comme représenté à la fig. 2. Le rotor continue donc sa rotation en sens négatif jusqu'à ce qu'il ait fini son deuxième demi-pas et qu'il se trouve dans la position représentée à la fig. 3. Le circuit de commande interrompt alors les deux courants I_5 et I_6 .

Pour faire faire au rotor un nouveau pas dans le sens négatif, le circuit de commande envoie dans les bobines 5 et 6 des courants I_5 et I_6 positifs. Le champ R_{5-6} prend donc la direction qu'il a à la fig. 1 et le rotor tourne d'un demi-pas dans le sens négatif. Le circuit de commande inverse alors le sens du courant I_6 , qui devient négatif, et le champ R_{5-6} prend la direction qu'il a à la fig. 4. Le rotor termine donc son pas et se retrouve à sa position de départ. Le circuit de commande peut alors interrompre les courants I_5 et I_6 .

La fig. 5b illustre la succession de ces courants.

Le circuit de commande associé au moteur ne sera pas décrit ici car sa réalisation est à la portée de l'homme du métier se trouvant en possession des diagrammes des figs. 5a et 5b.

Le tableau I de la fig. 6 résume l'ensemble du fonctionnement du moteur. Dans ce tableau, les courants positifs sont désignés par le signe + et les courants négatifs par le signe -. La colonne intitulée R_{5-6} donne, pour chaque combinaison des courants I_5 et I_6 , le sens du champ qu'ils créent dans le rotor 4, tel qu'il est indiqué aux figs. 1 à 4. Les deux colonnes «Rotor départ» et «Rotor arrivée» donnent également, par des flèches, les positions de départ et d'arrivée du rotor 4. Ces flèches sont dirigées du pôle sud vers le pôle nord de l'aimant du rotor 4.

Le présent moteur a le gros avantage de toujours tourner dans le sens désiré, même si le rotor 4 a manqué un pas ou en a fait un de trop. Le tableau II de la fig. 6 illustre un cas où, pour une raison quelconque, le rotor 4 se trouve dans la position inverse de celle où il devrait se trouver à l'instant correspondant à la première ligne du tableau. Lorsque le circuit de commande envoie les deux courants I_5 et I_6 dans le sens positif, le rotor 4 fait un demi-pas en sens négatif. Lorsque le sens du courant I_5 est inversé, il fait un demi-pas en sens positif et se retrouve dans sa position de départ qui est justement celle où il doit se trouver à cet instant du cycle. A partir de là, il tourne dans le sens désiré. On voit facilement que le rotor reprend, dans tous les cas, le sens de rotation désiré d'une manière analogue, quel que soit ce sens de rotation et quel que soit l'instant du cycle où se produit l'incident qui amène ce rotor dans une fausse position.

Il est évident que, avant d'être inversé à la fin d'un premier demi-pas, chacun des courants I_5 et I_6 pourrait être interrompu pendant un certain temps, l'inertie du rotor 4 lui permettant alors de terminer ce demi-pas et même de commencer le second demi-pas. De même, les courants I_5 et I_6 pourraient être interrompus avant que le rotor 4 ait effectivement terminé son pas. Le couple de positionnement et l'inertie du rotor permettraient alors au rotor 4 de terminer son pas. De même, les bobines 5 et 6 pourraient être courtcircuittées par le circuit de commande entre les pas pour augmenter le couple de positionnement du rotor et pour amortir ses oscillations autour de sa position d'équilibre à la fin des pas. L'application de ces mesures, qui permet de réaliser une économie d'énergie, dépend essentiellement de la construction du moteur et de la charge qu'il doit entraîner et doit être décidée au moment du développement de l'ensemble dont le moteur fait partie.

Il faut noter encore que, du fait que les deux bobines 5 et 6 sont toujours alimentées simultanément et contribuent ensemble à la formation du champ magnétique créant le couple appliqué au rotor, leur volume peut être notablement diminué par rapport à celui des bobines alimentées alternativement; en d'autres termes, pour un volume total donné, le couple appliqué au rotor peut être notablement augmenté.

La variante de la fig. 7 se distingue de la première forme d'exécution par le fait que les deux enroulements, désignés par 17 et 18, sont constitués par deux bobines-cadres, sans armature, à l'intérieur desquelles passe le rotor 19 tournant autour d'un axe 20 situé dans le plan bissecteur 21 des plans médians 17a et 18a des deux enroulements 17 et 18, respectivement. Un élé-

ment de positionnement 22, en matériau magnétique, doux, oriente le rotor de telle sorte qu'en position d'équilibre ses pôles nord et sud se trouvent dans le plan 21.

Quant au principe de fonctionnement de cette variante, il est absolument le même que celui de la première forme d'exécution.

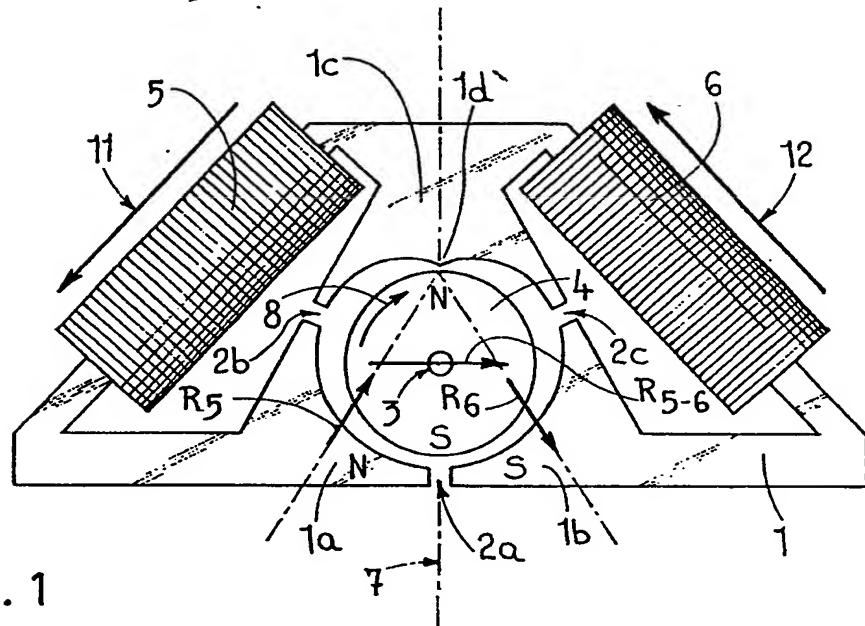


FIG. 1

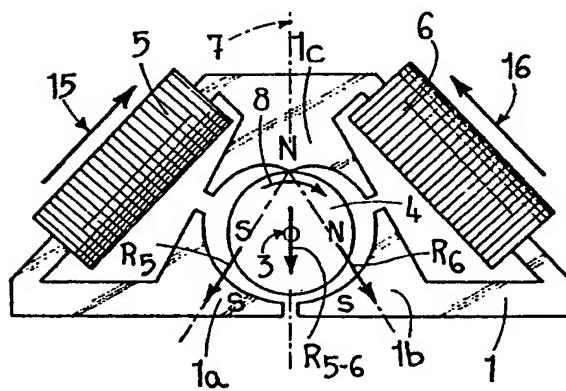


FIG. 2

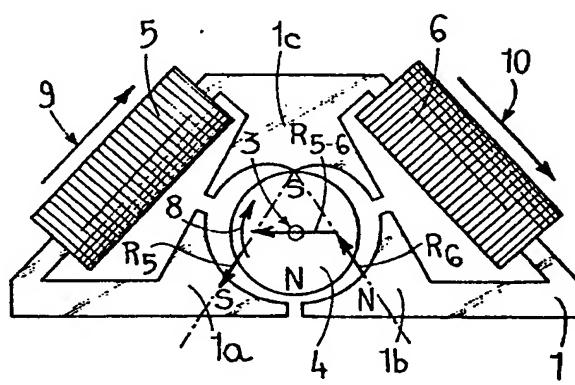


FIG. 3

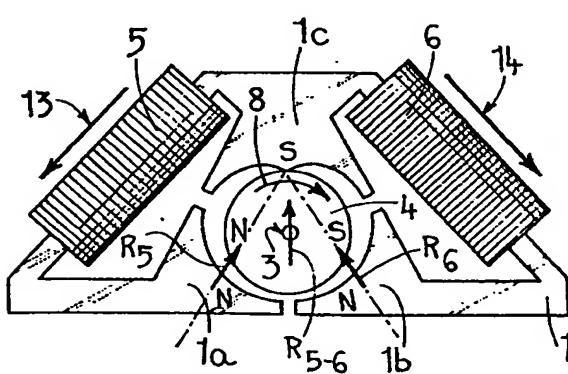


FIG. 4

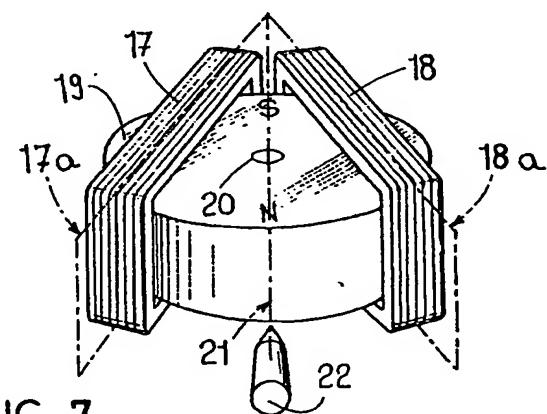


FIG. 7

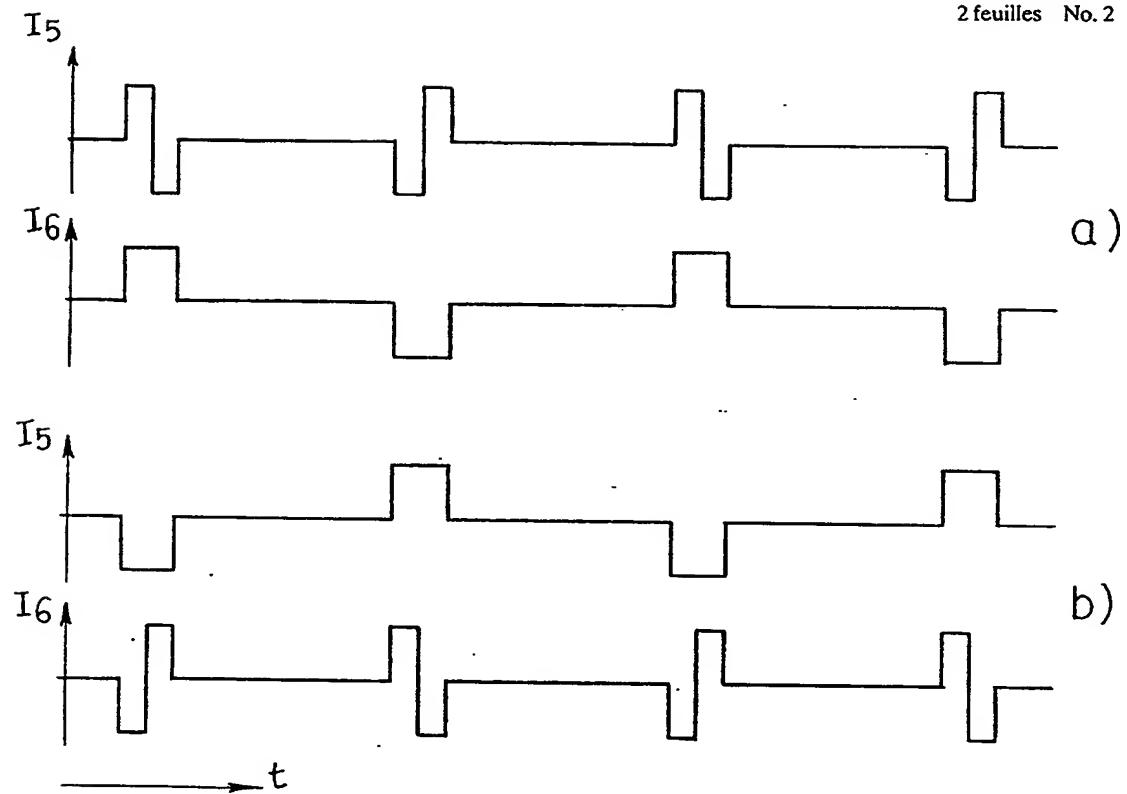


FIG. 5

	I_5	I_6	R_{5-6}	Rotor Départ / Arrivée
Sens positif	+	+	→	↑
	-	+	↓	→
2e pas	-	-	←	↓
	+	-	↑	←
Sens négatif	-	-	←	↑
	-	+	↓	←
2e pas	+	+	→	↓
	+	-	↑	→

	Rotor Départ	Rotor Arrivée
	↓	→
	→	↓
	↓	←

TABLEAU II

TABLEAU I

FIG. 6